

한국어 마찰음, 파찰음, 치조 파열음의 음향학적 및 공기역학적 특성에 관한 연구

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 음성언어의학연구소

최재남 · 남도현 · 최홍식

= Abstract =

An Acoustic and Aerodynamic Study of Korean Fricatives, Affricates, Alveolar Plosives

Jae-Nam Choi, MA, Do Hyun Nam and Hong-Shik Choi, MD, PhD

Department of Otorhinolaryngology, The Institute of Logopedics & Phoniatrics,
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background and Objectives : 10 normal Korean native speakers participated subjects to investigate the acoustic and aerodynamic study of Korean fricatives, affricates, and plosives and to make good use of the results for the patients with articulation problems.

Materials and Method : Their productions of [asa], [as'a], [aca], [ac^ha], [ac'a], [ata], [at^ha], and [at'a] were analyzed with Lx Speech Studio Program (Laryngograph Ltd, UK) for acoustic analysis and Phonatory Function Analyzer (Nagashima Ltd. Model PS 77H, Tokyo, Japan) for aerodynamic analysis.

Results : The results are as follows : 1) Plosives showed higher Qx1 in vocal folds closure ratio than fricatives and affricates. 2) Tense fricatives, affricates, and plosives showed higher Qx2 in vocal folds closure ratio than aspirated and lax. 3) Aspirated showed higher Qx1 in vocal folds closure ratio than tense and lax. 4) Aspirated showed higer peak flow rate than tense and lax.

Conclusion : This results may be helpful for treatment in articulation disorders.

KEY WORDS : Fricatives · Affricates · Plosives · Acoustic · Aerodynamic.

서 론

마찰음은 좁힘, 마찰, 개방의 세 단계로 조음된다.¹⁾ 파찰음은 막음, 지속, 부분 개방, 마찰, 완전 개방의 다섯 단계로 조음된다. 파열음은 막음, 지속, 개방의 세 단계를 거쳐 조음된다. 이러한 음소들에 대한 이해를 돕기 위해서 음향학적, 공기역학적으로 여러 연구들이 이루어져왔으나 하나의 통일된 결론을 내리지는 못하였다.⁶⁾

이 연구의 첫 번째 목표는 파열음, 마찰음, 파찰음에 대한

음향학적인 특성을 알아보기 위해서 성대수준에서 VCV(모음-자음-모음) 음절에서 전·후 모음의 성대 접촉율, 전·후 모음의 기본주파수(fundamental frequency, fo)에 대하여 비교해보고, VCV 음절에서 선행모음이 끝나는 시점에서 후행모음이 시작되는 시점 사이의 시간적인 간격(duration)에 대하여 고찰해보므로써, 성대수준에서 어떤 차이가 세 자음군을 구분 짓는 요소가 되는지 알아보려고 한다. 이 연구의 두 번째 목표는 공기역학적인 측면에서는 마찰음, 파찰음, 치조 파열음의 최대 공기배출량을 말해주는 최대 호기류율을 알아봄으로써, 어떤 차이가 세 자음군을 구분 짓는 요소가 되는지 알아보려고 한다.

연구 방법

1. 연구대상

청력 및 조음상의 문제가 없으며 한국어 표준어를 사용하

논문접수일 : 2005년 10월 4일
심사완료일 : 2005년 11월 2일
책임저자 : 최홍식, 135-720 서울 강남구 도곡동 146-92
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 음성언어의학연구소
전화 : (02) 2019-3461 · 전송 : (02) 3463-4750
E-mail : hschoi@yumc.yonsei.ac.kr

는 정상 성인 남, 여 10명을 대상으로 실험을 실시하였다. 평균 연령은 31.4세였고, 연령 범위는 25~37세였다.

2. 연구방법

1) 어음재료

실험을 위한 어음 재료 중 자음은 국어의 마찰음 중 /ㅎ/을 제외한 /ㅅ/, /ㅆ/과 파찰음 /ㅈ/, /ㅉ/, /ㅊ/과 마찰음과 조음위치가 동일한 치조 파열음 /ㄷ/, /ㄷ/, /ㄸ/을 사용하였다. 마찰음이나 파찰음의 마찰 잡음이, 성대에서 산출되는 미세한 마찰 잡음과 구강 내에서 산출되는 마찰 잡음의 영향을 모두 받는다고 볼 때 /ㅎ/은 다른 마찰음과는 달리 구강 내에서 산출되는 마찰 잡음이 없으므로 제외하였다. 모음은 /아/ 하나로 통일하였고, 음절 형태는 VCV를 사용하였다. 즉, 무의미 2음절어 8개 ‘아사, 아싸, 아자, 아차, 아짜, 아다, 아타, 아따’ 를 어음재료로 사용하였다.



Fig. 1. Phonatory Function Analyzer.

2) 자료수집

공기역학적 검사를 위해서 Phonatory Function Analyzer (Nagashima Ltd. Model PS 77H, Tokyo, Japan) (Fig. 1) 를 이용하였다. 호흡이 새어나오지 않도록 마스크를 사용하였으며 총 8개의 어음재료를 편안하게 읽게 하였다. 이때 무의미 2음절(V₁CV₂)의 경우 뒤의 모음 /아/ 부분(V₂; ‘아사’의 경우 ‘사’의 모음 /아/)을 길게 끌도록 한 후 기류저지 셔터를 눌러 호기류율의 곡선 중 자음을 산출시에 가장 높게 나타난 부분(정점)의 수치를 ‘최대호기류율(Peak Flow Rate)’ 이라고 하고 이를 측정하였다(Fig. 2).

음향학적인 측면의 분석을 위한 어음 재료의 채취는 Lx Speech Studio 프로그램(Laryngograph Ltd, UK)을 이용하였다. 전기성문과형검사(Electroglottography, EGG)의 전극(electrode)을 대상자의 갑상연골 양측에 고정시킨 후, 어음 재료의 목록이 쓰여진 카드를 편안한 크기와 속도로 읽도록 함으로써 이루어졌다. 여기서, 어음 재료를 읽을 때 음절 사이의 간격을 1초 내외로 두도록 하였으며, VCV 음절을 읽을 때 앞 음절에 부가적인 어중-음절말음(word medial syllable final)을 삽입하여 읽지 않도록, 예를 들어, ‘아싸’를 ‘안싸’와 같은 식으로 읽지 않도록 하였다. 녹음된 어음 재료는 자음을 중심으로 선행모음이 끝나고 자음이 시작되는 시점의 성문폐쇄율(QX1), 기본주파수(fundamental frequency 1, fo1)와 후행모음이 시작되는 부분의 성문폐쇄율(QX2), 기본주파수(fundamental frequency 2, fo2), 선행모음과 후행모음 사이의 간격(duration)을 측정하였다(Fig. 3).

통계분석은 Statistical Package for the Social Science (SPSS, version 11.5)을 이용하였다. 이들의 통계적 유의

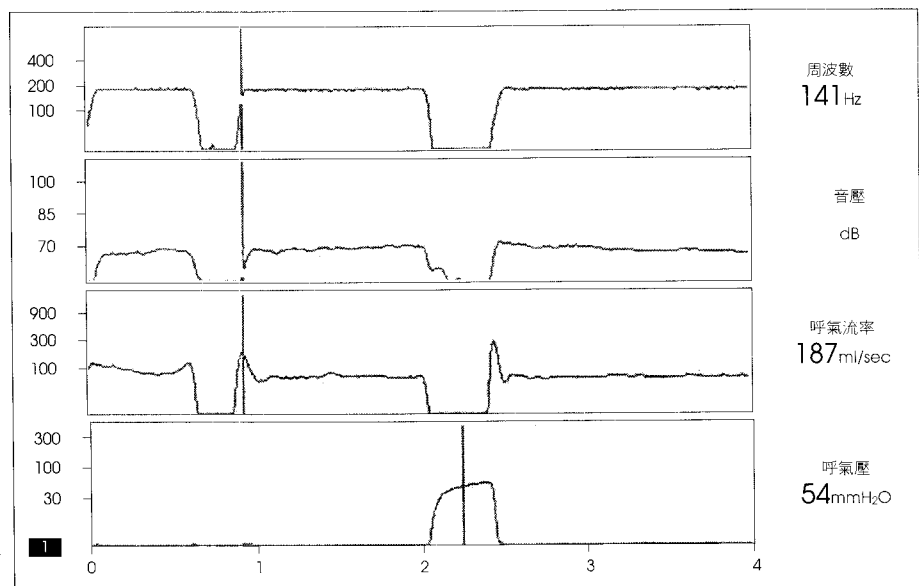


Fig. 2. Peak flow rate of [ac'a] by Phonatory Function Analyzer.

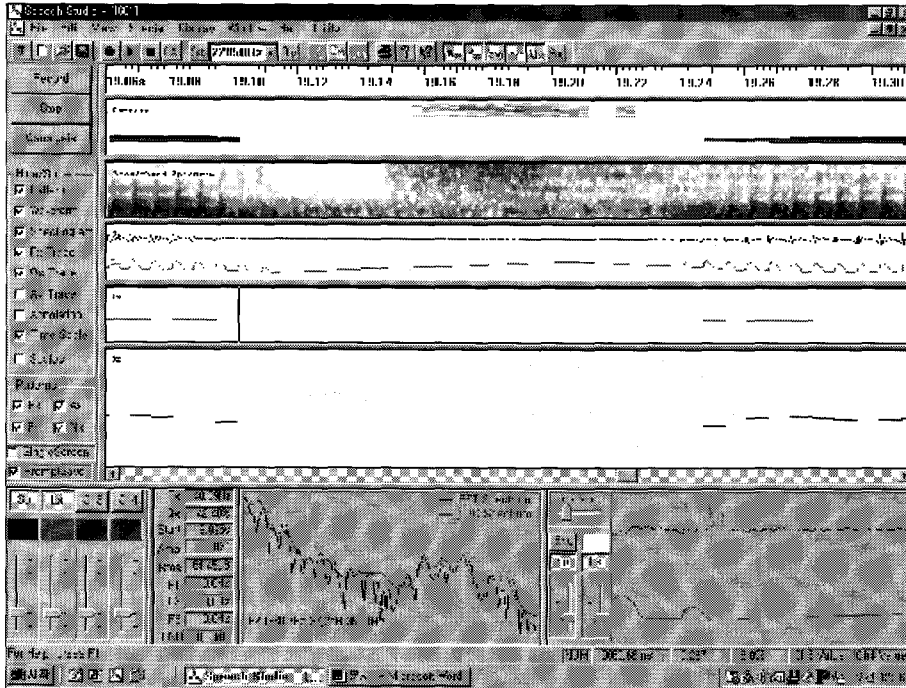


Fig. 3. Measure of duration between pre-vowel and post-vowel by Lx Speech Studio program.

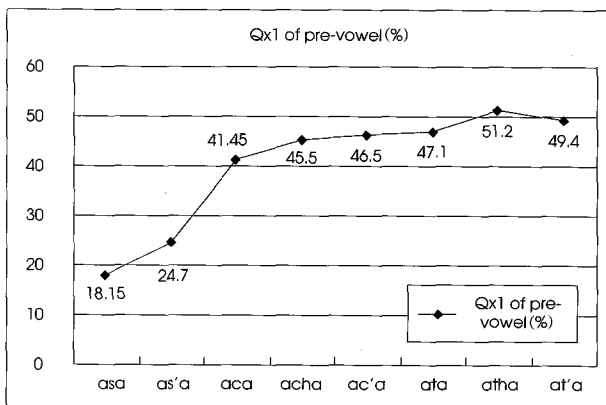


Fig. 4. Qx1 (contact quotient1) of pre-vowel (%).

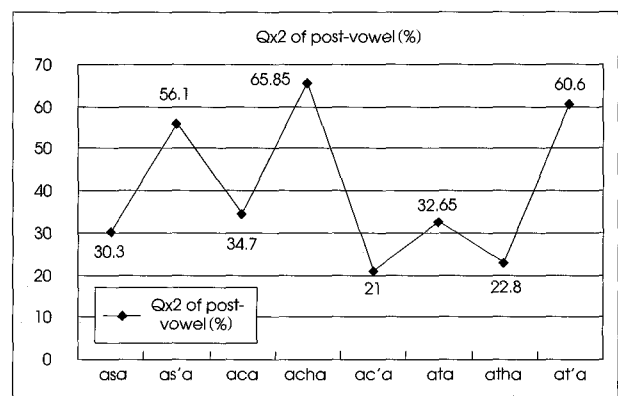


Fig. 5. Qx2 (contact quotient1) of post-vowel (%).

성은 비모수 검정 중 크루스칼-왈리스 검정을 통해 산출되었고, 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1. 음향학적 측면의 분석

VCV음절에서 자음이 시작되기 직전의 선행모음의 상대접촉율(Qx1)의 평균은(Fig. 4) 마찰음, 파찰음, 치조파열음 순으로 증가하였고 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 남, 여 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 선행모음의 상대접촉율이 가장 높았던 경우는 '아타'(51.2%)였고, 가장 낮았던 경우는 '아사'(18.15%)였다. 동일한 조음방법 안에서는 '평음', '경음', '격음' 순으

로 상대접촉율이 높아졌다.

VCV음절에서 자음이 끝나고 모음이 시작될 때 후행모음의 상대접촉율(Qx2)에 대한 평균은(Fig. 5) '아차'(21.00%), '아타'(22.80%), '아사'(30.30), '아다'(32.65%), '아자'(34.70), '아짜'(56.10%), '아따'(60.60%), '아짜'(65.85%)순으로 높아져 '아짜'에서 가장 높았으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 주로 경음에서 상대접촉율이 가장 높았고 다음은 평음, 격음 순으로 낮아지는 경향을 보였다. 남, 여 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

선행모음과 후행모음 사이의 시간적인 간격(duration)(Fig. 6)은 '아사'(15.10sec), '아자'(18.00sec), '아다'(23.8sec), '아짜'(43.45sec), '아짜'(53.55sec), '아

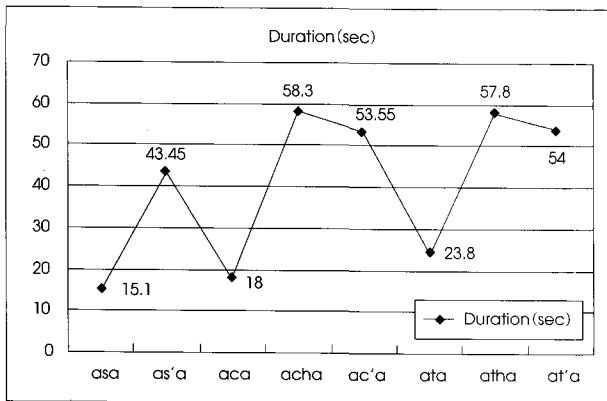


Fig. 6. Mean duration between pre- and post-vowel (sec).

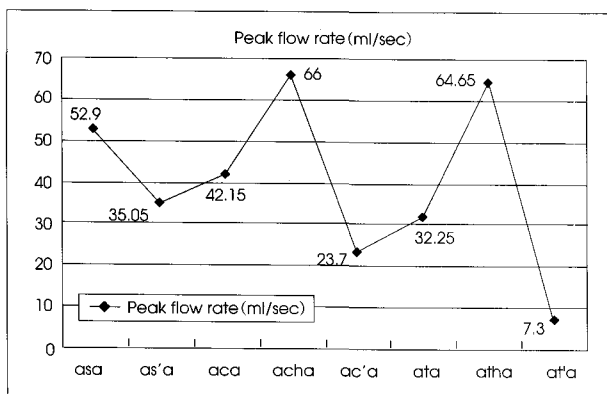


Fig. 7. Mean peak flow rate of consonant in VCV syllable (ml/sec).

따' (54.00sec), '아타' (57.8sec), '아차' (58.3sec) 순으로 길어져, '아차'가 가장 길었고 이는 통계적으로 유의한 차이(p<.05)를 보였고, 남, 여 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 전반적으로 평음에서 가장 짧았고 경음, 격음 순으로 길어지는 경향을 보였다.

VCV 음절에서 선행모음이 끝나는 시점의 기본주파수(f01)는 음소 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 남, 여 간에는 여자가 더 높았고 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 반면, 자음이 끝나고 후행모음이 시작되는 시점의 기본주파수(f02)는 음소와 성별 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

2. 공기역학적 측면의 분석

VCV 음절을 산출할 때 호기류율의 곡선 중 자음을 산출 시에 가장 높게 나타난 부분(정점)의 수치를 '최대호기류율(Peak Flow Rate)' (Fig. 2)이라고 하고 이를 측정된 결과, 남, 여 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 서로 다른 음소들 사이에서 비교한 것은 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.001). 음소별로 자세히 살펴보면(Fig. 7), '아따' (7.30ml/sec), '아짜' (23.70ml/sec), '아다' (32.25

ml/sec), '아씨' (35.05ml/sec), '아자' (42.15ml/sec), '아사' (52.90ml/sec), '아타' (64.65ml/sec), '아차' (66.00ml/sec) 순으로 높았다. 전반적으로 '아사', '아차', '아타'가 가장 높았으며, 다음으로는 평음 순으로 높았고, 경음이 가장 낮은 경향을 보였다.

고 찰

앞서 분석한 마찰음, 파찰음, 파열음의 음향학적 및 공기역학적 측면의 분석 결과를 총괄적으로 간단히 요약하면 다음과 같다. 음향학적 측면의 경우, VCV음절에서 자음이 시작되기 직전의 선행모음의 성대접촉율의 평균은 마찰음, 파찰음, 치조파열음 순으로 증가하였다. 선행모음의 성대접촉율이 가장 높았던 경우는 '아타'였고, 가장 낮았던 경우는 '아사'였다. 동일한 조음방법 안에서는 '평음', '경음', '격음' 순으로 성대접촉율이 높아졌다. VCV음절에서 자음이 끝나고 모음이 시작될 때 후행모음의 성대접촉율에 대한 평균은 '아짜'에서 가장 높았다. 주로 경음에서 성대접촉율이 가장 높았고 다음은 평음, 격음 순으로 낮아지는 경향을 보였다. 선행모음과 후행모음 사이의 시간적인 간격은 '아차'에서 가장 길었다. 전반적으로 평음에서 가장 짧았고 경음, 격음 순으로 길어지는 경향을 보였다. 공기역학적 측면의 경우, 최대호기류율의 경우 '아차'에서 가장 높았다. 전반적으로 '아사', '아차', '아타'가 가장 높았으며, 다음으로 평음 순으로 높았고 경음이 가장 낮은 경향을 보였다.

마찰음은 좁힘, 마찰, 개방의 세 단계로 조음된다. 좁힘 단계에서는 두 조음 기관을 접근시켜 구강 안에 좁힘을 형성하고, 연구개를 상승시켜 비강 통로를 차단한다. 마찰 단계에서는 기류를 좁혀진 틈 사이로 통과시켜 마찰 소음을 생성한다. 그리고 개방 단계에서는 구강 안에 형성된 좁힘을 완전히 개방한다.¹⁻³⁾ 국어에는 세 개의 마찰음 /s, ʃ, h/이 있다. 마찰음은 조음 자리에 따라 치조 마찰음 /s, ʃ/과 성문 마찰음인 /h/으로 나눈다.¹⁾⁴⁾⁵⁾ 파찰음은 막음, 지속, 부분 개방, 마찰, 완전 개방의 다섯 단계로 조음된다. 막음 단계에서는 두 조음 기관을 접촉시켜 구강 안에 막음을 형성하고 연구개를 상승시켜 비강 통로를 차단한다. 지속 단계에서는 구강의 막음과 비강 통로의 막음을 지속시켜 구강 안에 갇힌 공기를 압축시킨다. 부분 개방 단계에서는 구강의 막음을 부분적으로 개방해서 구강 안에 좁은 틈을 만든다. 마찰 단계에서는 구강 안에 압축되어 있는 기류를 구강 안에 형성된 좁은 틈으로 탈출시켜 마찰 소음을 생성한다. 마지막으로 완전 개방 단계에서는 구강 안에 형성된 좁힘을 완전히 개방한다.¹⁾²⁾ 국어에는 세 개의 파찰음 /ʃ, ʈ, ʈʰ/이

있으며, 모두 경구개에서 조음된다.¹⁾ 파열음은 막음, 지속, 개방의 세 단계를 거쳐 조음된다. 막음 단계에서는 두 조음 기관을 접촉시켜 구강의 한 부분에 막음을 형성하고, 연구개를 상승시켜 비강 통로를 막는다. 지속 단계에서는 두 조음 기관의 막음을 지속시킨다. 이 때 폐로부터 나오는 기류가 입안에 갇혀서 압축된다. 개방 단계에서는 두 조음 기관의 막음을 개방한다. 막음의 개방과 동시에 입안에 갇혀 있던 기류가 입 밖으로 탈출하면서 파열음이 조음된다.¹⁾²⁾ 국어의 파열음은 조음 자리에 따라 양순음 /ㅂ, ㅃ, ㅍ/, 치조음 /ㄷ, ㄸ, ㅌ/, 연구개음 /ㄱ, ㄲ, ㅋ/이 있다.¹⁾

이를 위해서는 국어의 파열음 3가지 조음위치 중에서 마찰음과 동일한 조음위치에서 산출되는 치조 파열음/ㄷ, ㄸ, ㅌ/만을 실험의 대상으로 하였다. 한국어 음소분류는 배주채(1996)의 분류체계를 참고로 하였다. 배주채의 분류체계의 특징은 치조음과 경구개음을 전설음으로 묶은 것이다. 왜냐하면 치조음과 경구개음은 조음위치로 변별되는 것이 아니라 조음방법으로 변별되기 때문이다. 이러한 분류체계는 이 연구에서 비교하고자 하는 치조 파열음, 마찰음, 파찰음을 하나의 조음위치로 보는 데⁷⁾⁸⁾ 매우 유용하였다.

이러한 음소들을 생성하기 위해서는 성대의 내전 및 외전 운동이 원활히 이루어져야 한다. 이 때 좁은 공간으로 호기류가 빠르게 지나가게 되고, 이 호기류가 발생시의 에너지원이 된다.⁹⁾ 성문내의 공기 역학적인 현상의 이해는 발성의 생리와 병리를 아는데 매우 중요하며, 임상적으로 많은 방법들이 이용되어 왔다. 공기역학적 검사에는 최대발성지속시간, 폐활량을 최대발성지속시간으로 나눈 발성률, 발성이 지속되는 단위 시간 내에 성문에서 밖으로 빠져 나오는 기류의 양을 측정하는 평균호기류율, 그리고 자음 산출시 최대 공기배출량을 말해주는 최대 호기류율(peak flow rate)이 있다.

대체로 선행 연구들은 마찰음, 파찰음의 마찰 잡음 특성에 대한 연구할 때 spectrogram 등을 통한 음향학적인 분석을 많이 실시하였고, 공기역학적 측면에 대한 연구를 할 때는 호기시 방출되는 공기의 압력 측정이 주로 이루어졌다. 본 연구에서는 파열음, 마찰음, 파찰음에 대한 음향학적인 특성을 알아보기 위해서 성대수준에서 VCV음절에서 전·후 모음의 기본주파수에 대하여 비교해보고, VCV음절에서 선행모음이 끝나는 시점에서 후행모음이 시작되는 시점 사이의 시간적인 간격에 대하여 고찰해봄으로써, 성대수준에서 어떤 차이가 세 자음군을 구분 짓는 요소가 되는지 알아보고자 하였다.

모음-자음-모음의 연결에서 두 모음 사이의 거리는 자음의 서로 다른 길이 때문에 자음의 종류에 따라 매우 달라짐을 알 수 있다. 매우 일관적이지는 않지만, 대체로 모음과

모음 사이에 위치한 자음이 평음, 경음, 격음 순으로 두 모음 사이의 길이가 길어졌다. 이는 평음성 치경파열음이 중간에 끼었을 때가 가장 가까우며, 기음성 치경파열음이 중간에 끼었을 때가 가장 멀었다는 선행연구¹³⁾와 일치했다. 두 모음 사이의 길이가 길수록 최대호기류율도 높은 경향을 보였다. 최대호기류율이 'ㅈ'에서 가장 우세한 것으로 나타난 것도 선행연구¹²⁾¹⁴⁾와 일치하였다.

대체로, 어느 언어를 막론하고, 마찰음이나 파찰음은 다른 자음군보다 조음 발달의 측면에서 볼 때 가장 늦게 발달하는 자음군이다.¹⁰⁻¹²⁾ 한국어의 조음 발달 측면에서도 진자음(true consonants)의 발달은 파열음<파찰음<마찰음의 순서로 이루어진다.¹¹⁾¹²⁾ 습득이 늦을 수록 정확한 조음이 어렵다는 뜻이며, 이는 정확한 조음이 어려운 자음일 수록, 이의 조음에 대해 문제를 보이는 조음 장애 아동이나 성인 환자의 비율이 그렇지 않은 자음의 경우보다 더 많을 것임을 시사한다. 습득이 어렵다는 것은 이러한 환자들에게서 목표음에 대한 정확한 조음을 쉽게 끌어내기가 어렵다는 뜻이므로, 이들에 대한 치료 시에는 보다 더 과학적인 지식들, 즉, 음향학적, 음성학적, 공기역학적인 지식이 많이 활용되어야 할 것이다.¹²⁾ 이는 단순 조음장애의 경우 뿐 아니라, 설소대 단축증이나 구개파열 및 마비 말장애 환자들과 같이 기질적 장애를 동반하는 조음장애의 경우도 마찬가지임은 물론이다. 이 연구를 통하여 국어의 파열음, 마찰음, 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성을 파악함으로써, 이러한 특성들이 조음 장애의 효율적인 평가 및 치료에 과학적인 근거를 제시해 줄 수 있기를 바란다.

결 론

이러한 결과들을 참고로 마찰음이나 파열음 및 파찰음의 조음상에 문제가 보이는 환자들에게 좀 더 과학적이고 효율적인 치료를 실시할 수 있다. 즉, 기능적 조음 장애 환자나 기질적 문제를 동반한 조음 장애 환자에게 마찰 잡음의 지속시간, 최대 호기류율, 조음시 배출하는 공기의 양을 촉각적 feedback을 이용하여 조절하며, 조음 시작시의 완급을 조절함으로써 이러한 결과를 임상 현장에 적극적으로 활용할 수 있을 것이다.

중심 단어 : 마찰음 · 파찰음 · 치조 파열음 · 음향학적 · 공기역학적.

REFERENCES

- 1) 이호영. 국어 음성학. 서울: 태학사;1996. p.121-43.
- 2) Catford JC. *A Practical Introduction to Phonetics*. Oxford;1994.

- p.12-13.
- 3) Pickett JM. *The acoustics of speech communication: fundamentals, speech perception theory, and technology.* Allyn and Bacon:1999. p.113-21.
 - 4) 문승재. 국어의 ‘ㅅ’ 음가에 대한 음향학적 연구. *말소리* 1996; 33-34:11-22.
 - 5) 신지영. 말소리의 이해: 음성학·음운론 연구의 기초를 위하여. 서울: 한국문화사;2003. p.71-95.
 - 6) Cho TH, Jun SA, Ladefoged P. *Acoustic and aerodynamic correlates of Korean stops and fricatives.* *J Phonetics* 2002;30:193-228.
 - 7) 김민정. 기능적 조음장애 아동의 음운변동에 관한 연구. *말-언어장애연구*;1997. p.155-69.
 - 8) 최재남 · 성수진 · 남도현 · 최홍식. 구개파열 아동의 음운변동에 관한 연구. *대한음성언어의학회지* 2005;16 (1):49-52.
 - 9) 최재진 · 최홍식 · 김광문 · 홍봉기. 발생기능검사기를 이용한 후두기능에 대한 임상적 연구: /파/ 발성시의 호기류율 측정을 중심으로. *한이인지* 1995;38 (5):732-38.
 - 10) 배소영. 정상 말소리의 발달(I): 1:4~3:11세의 아동. 언어장애의 이해와 치료(I): 서울: 한국언어병리학회 편;1994. p.27-53.
 - 11) 엄정희. 정상 말소리의 발달(I): 3, 4, 5세의 아동. 언어장애의 이해와 치료(I): 서울: 한국언어병리학회 편;1994. p.54-66.
 - 12) 표화영 · 이주환 · 최성희 · 심현섭 · 최홍식. 한국어 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성에 관한 연구. *음성과학* 1999;6 (3):145-61.
 - 13) 신지영. 모음-자음-모음 연결에서 자음의 조음특성과 모음-모음 동시조음. *음성과학*;1997. p.55-81.
 - 14) Kagaya R. *A fiberoptic and acoustic study of the Korean stops, affricates and fricatives.* *J Phonetics* 1982;2:161-80.